

ユタ大学及びソルトレイクでの工学系の数学教育

佐藤 文敏*

Math Education at University of Utah and Salt Lake

Fumitoshi SATO

概要

高専機構の在外研究制度で米国にあるユタ大学に1年間滞在した。ユタ大学では米国の伝統的な大学1・2年生のカリキュラムを改変し、工学部へ配属希望の学生のためだけの1・2年生の数学の必修科目のカリキュラムを別箇に作り、伝統的なカリキュラムと平行して2012年から運用している。この論文ではこの新しいカリキュラムの内容・進捗等について報告する。また、ソルトレイクの公立高校の微分積分の授業内容・進捗についても言及する。

Keywords: 数学教育、工学系

1. はじめに

香川高等専門学校において2021年度以降にカリキュラムを大幅に改変するために現在、改変に向け様々な教科でカリキュラム作成の最中である。香川高専の数学カリキュラム改変の参考になればと思い高専機構の在外研究制度で1年間滞在した米国にあるユタ大学の工学部における1・2年生の数学の必修科目のカリキュラムについて報告する。

ユタ大学に限らず、アメリカの大学では特殊な科目以外ほぼ全ての数学の科目は数学科の教員が教える。ここでは数学科の教員が担当している工学部の数学の1・2年生の必修科目のカリキュラムについて主に記述する。

2. ユタ大学での数学教育の実情

ユタ大学においては2012年に以下の3つの理由により工学部の数学カリキュラムを伝統的なカリキュラムから改変した。

1つ目の理由としては以前に比べ高等学校で微分積

分の授業をとる学生が増えたことである。現在、ユタ州最大の都市であるソルトレイクには入学試験を課さない公立の普通高校が4つあるが4つ全ての高校で1年間の微分積分(Calculus AB)を受講することができる。内容としては日本の高等学校の数学 III から平面上の曲線と複素平面を除いたものである。また、この4校中3校では2年目の微分積分(Calculus BC)も受講できる。

内容としては平面及び空間の曲線・曲面、ベクトルの微分積分、ロピタルの定理を使った極限、級数の収束、広義積分、冪級数の収束半径、テイラー展開である。また残りの1校もソルトレイクコミュニティカレッジと提携しており、コミュニティカレッジで高校における微分積分(Calculus BC)よりも進度の早い授業の受講が可能である。したがって全ての公立高校で1変数の微分積分について日本の大学内容またはアメリカの大学の2セメスター分の授業を受けることが可能である。もちろん、なんらかの入学試験を課している他の公立のマグネットスクールまたは私立高校等ではさらに先の内容を教えている学校もある。ちなみにこれら公立4校の Great!schools.org でのユタ州の共通テス

* 香川高等専門学校専攻科 一般教育科

トの結果をもとにした学力評価は10段階評価で4～5であり決して学力が高い学校ではない(ソルトレイクにはもう1校、無試験の公立高校があるが職業訓練を主とした学校なのでここでは4校とした)。

2つ目の理由は伝統的なカリキュラムでは卒業までの年数が5年を超える学生が大多数であったことである。米国では1セメスターに12～16単位分の授業を登録するのが普通であるが工学部を4年で卒業するには8セメスター中3セメスターは17単位以上単位を所得しなくてはならない。ちなみに12単位以上がフルタイムの学生として認められる要件である。

3つ目の理由はアメリカの伝統的なカリキュラムでは医学部、工学部、理学部のほぼ全ての学生が3セメスターからなる微分積分の授業を一緒に受けていたことである。そのため数学科や生物学科など物理が必修でないまたは卒業までに履修すればよい学生も同じ授業を受けていたため速度、加速度等と微分積分を関連付けて教えることですら躊躇する状態であった。

そこで工学部への配属希望の学生用の微分積分のクラス(Engineering Calculus I, II)を作ることにした。もちろん時間はかかるが伝統的な微分積分のカリキュラムを受講しても工学部での卒業は可能である。

3. 工学部用の新カリキュラム

伝統的なカリキュラムでは微分積分はCalculus I, II, IIIと3セメスターあり、それぞれ50分の講義が週に4回、4回、3回というように時間配分されていた。内容としてはCalculus I, IIで1変数の微分積分、IIIで多変数の微分積分と2次元のベクトル解析を教える(3次元のベクトル解析まで教える大学もある)。講義のみで演習の時間は特に設けられていない。

新カリキュラムでは微分積分を2セメスターにし、両セメスターとも50分の講義が週4回と(参加任意の)演習の時間が1回の計5回で教えている。1セメスター目の内容は日本の高校の数学IIIの内容に数値計算や速度・加速度や仕事や重心などの物理的な内容を加えたものである。2セメスター目の内容はCalculus BCの内容に多変数の微分積分に追加したものである。したがって日本で通常、微分積分といわれる内容は週4回の講義と(参加任意の)1回の演習の計、週5回の1年間の授業で終了している。

2年目の数学の1セメスター目は線形代数と常微分方程式を週4回の講義と週1回の演習で行っている。講義は線形代数と微分方程式が平行に進むのではなく直列で行っている。

内容としては行列や行列式の計算だけでなく線形空間、内積空間を含む線形代数とラプラス変換、連立のものや冪級数解を含む常微分方程式である。2セメスター目も週4回の講義と週1回の演習でベクトル解析と(フーリエ解析を含む)偏微分方程式を教えている。線形代数・ベクトル解析・常微分方程式・偏微分方程式を週5回の1年間の授業で微分積分同様に終了している。

微分積分後の1セメスター目で線形代数と常微分方程式を行うのはアメリカでは伝統的なカリキュラムであるが、ベクトル解析は普通、微分積分の授業の中で教えらるるので、伝統的なカリキュラムでは2セメスター目は偏微分方程式のみの内容で週3回の授業で行われる。

4. ユタ大学での学習および卒業支援

ユタ大学には数学科が運営する数学チュータリングセンター以外にも物理学科、工学部、図書館、寮、体育会等が運営しており、合計14のチュータリングセンターがある。また、その大半が無料である。

数学科の運営するチュータリングセンターはTA・RAをしている大学院生は全員週1時間割り当てがあり、その他のチューターは学部生を主とするアルバイトである。平日はほぼ毎日朝の8時から夜の8時まで空いており、常時3～4名のチューターが待機し、だれでも予約なしにきて無料で質問に答えてもらえる。また、機械工学科のチュータリングセンターも朝の9時から5時まで空いており、数学・物理・機械工学の1～3年生までの大抵の科目の質問ができこちらも無料である。

早く卒業できるように学期と学期の間ごとおよび春休み、秋休みに1週間の短期の科目を開講している。大抵の科目は一般教養科目に分類される科目で体育・音楽・食の文化などがある。授業は5日間、朝の8時から夕方5時までであり3単位所得できる。このシステムを利用すれば早く卒業でき、通常の学期に一般教養科目をとらなくてもよいので授業時間数が減らせ自分の専攻の授業に集中できる利点がある。蛇足ではあるが、通常の学期よりも1単位当たりの学費が安く設定されている。

数学科では短期の科目としては単位にはならない科目であるが秋学期および春学期の直前にそれぞれ5科目開講している。そのうち4科目が工学部にも関連しているので紹介する。1つ目は新入生を主に対象とした微分積分に必要な予備知識の確認のための授業

である。これは4日間で計11時間の授業である。残りの2つはCalculus I または II の成績がC未満の学生を対象とした補習及び再試験である。4日間で計8時間からなる。再試験でC以上の成績であれば次の科目が履修できる。4つ目はCalculus I を履修した学生がEngineering Calculus II に移行できるように、Calculus I で習わないEngineering Calculus I の内容の授業である。これも4日間で計8時間からなる。これらの科目はすべて有料(\$105~\$195)である。

5. まとめ

高専本科終了(大学2年終了)の時点で香川高専では級数の収束の判定法、冪級数の収束半径、抽象的な線形空間の扱いが全くない。また、ベクトル解析、微分方程式についてもアメリカの標準的な内容に比べると見劣りしてしまう。これは時間数によるところもあるがユタ大学では評定がC未満の学生は次の関連する科目を履修できないという規則および1~2年の成績により学部・学科の配属が決まるためある程度できる学生しか授業に登録できないところが大きいと思われる。

また、ソルトレイクの数学教育において特筆すべきことは高校終了時に1変数の微分積分の授業を終了している生徒が少なからず入学試験を課さない各公立高校に居ることである。ソルトレイクでは9月1日基準で学年が決まるので4月から8月生まれの学生は高専3年生の5月末で1変数の微分積分の内容が終わるということである。

6. 謝辞

本論文を作成にあたり様々な情報提供をしてくれたユタ大学数学科のPeter Alfeld 教授、およびローランドホール高校のEmina Alibegovic 博士両名に感謝申し上げます。

参考文献

- 1) University of Utah Mathematics Catalog 2017
- 2) Great!schools <https://greatschools.org/>